

DOCKET NO.: 274454US2PCT

10/540567  
JC17 Rec'd PCT/PTO 24 JUN 2005

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Hideki KAWAKATSU

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/16677

INTERNATIONAL FILING DATE: December 25, 2003

FOR: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING VIBRATION FREQUENCY OF MULTI-CANTILEVER

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313


Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<b><u>COUNTRY</u></b>	<b><u>APPLICATION NO</u></b>	<b><u>DAY/MONTH/YEAR</u></b>
Japan	2002-378996	27 December 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/16677. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

Customer Number

**22850**

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 08/03)

PCT/JP03/16677  
25.12.03

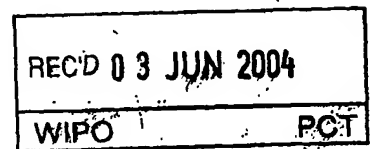
日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年12月27日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-378996  
[ST. 10/C]: [JP2002-378996]



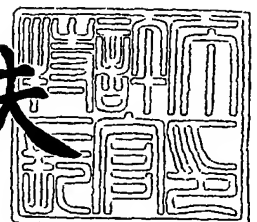
出 願 人  
Applicant(s): 独立行政法人 科学技術振興機構

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 02JST105

【提出日】 平成14年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 13/16

B82B 1/00

B82B 3/00

G01B 21/30

G01L 1/04

【発明者】

【住所又は居所】 東京都世田谷区上野毛 4 - 3 2 - 1 3

【氏名】 川勝 英樹

【特許出願人】

【識別番号】 396020800

【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

【代表者】 沖村 憲樹

【代理人】

【識別番号】 100089635

【弁理士】

【氏名又は名称】 清水 守

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012128

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0013088

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マルチカンチレバーの振動周波数の計測方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振し、その振動をレーザドップラー計によって計測することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法。

【請求項 2】 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振し、その振動をホモダイン干渉計によって計測することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、前記変調励振は変調光励振であることを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、前記変調励振は変調電界励振であることを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法。

【請求項 5】 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を一定光励振によって順次励振し、その振動をレーザドップラー計によって計測することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法。

【請求項 6】 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を一定光励振によって順次励振し、その振動をホモダイン干渉計によって計測することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法。

【請求項 7】

- (a) 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、
- (b) 該カンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振する手段と、
- (c) その振動を計測するレーザドップラー計とを具備することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置。

【請求項 8】

- (a) 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、
- (b) 該カンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振する手段と、

(c) その振動を計測するホモダイン干渉計とを具備することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置。

【請求項 9】

(a) 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、

(b) そのカンチレバーの固有振動を一定光励振によって同時に励振する手段と、

(c) その振動を計測するレーザドップラー計とを具備することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置。

【請求項 10】

(a) 固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、

(b) そのカンチレバーの固有振動を一定光励振によって同時に励振する手段と、

(c) その振動を計測するホモダイン干渉計とを具備することを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置。

【請求項 11】 請求項 7、8、9 又は 10 記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、前記カンチレバーは列状に配置されたアレーであることを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置。

【請求項 12】 請求項 7、8、9 又は 10 記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、前記カンチレバーは共通の励振スポットによって照射可能な放射状に配置された集合体であることを特徴とするマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置。

【請求項 13】 請求項 7、8、9 又は 10 記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置を用いて、前記カンチレバーの固有振動数の自励を実現し、それによりカンチレバー先端の探針と試料の相互作用を、自励振動周波数の変化や、自励振動振幅、位相の変化として検出することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

【請求項 14】 請求項 7、8、9 又は 10 記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置を用いて、前記カンチレバーの固有振動数の自励を実現し、それによりカンチレバー先端の探針に付着した質量の変化を、自励振動周波数の

変化や、自励振動振幅、位相の変化として検出することを特徴とする質量・物質検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マルチカンチレバーの振動周波数の計測方法及び装置に係り、特にその振動計測、走査型プローブ顕微鏡、質量・物質検出器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来は、カンチレバーごとに配線を行い、振動励振や、信号の取り出しを行ったり、カンチレバーごとに光学グレーチングを組み込み、それぞれの回折パターンからのカンチレバーの変位や振動周波数を計測していた。

【0003】

このような従来の方法を用いた先行技術としては、下記の非特許文献1～7がある。

【0004】

また、時系列で複数個並んだ光てこ機構で5本から10本程度のカンチレバーの変位を順次読出した例としては、下記の非特許文献8がある。

【0005】

レーザドップラー計は、振動する試料の振動計測に広く用いられている。このレーザドップラー計をカンチレバーの振動計測に用いて、力、場、物質をセンシングする方法として、本発明者は既に特願2001-184604を提案している。

【0006】

また、光励振は10数年来から存在する振動の励振方法であり、下記の非特許文献9～17に研究成果が開示されている。

【0007】

さらに、レーザドップラー計と光励振を組み合わせ、力、場、物質のセンシングを行う方法に関して、本発明者は、PCT/JPO2/05835として提案

している。

【0008】

【非特許文献1】

Microelectromechanical scanning probe instruments for array architectures, Scott A. Miller, Kimberly L. Turner, and Noel C. MacDonald, Review of Scientific Instruments 68 (1997) 4155-4162.

【非特許文献2】

2D AFM cantilever arrays a first step towards a Terabit storage device, M. Lutwyche, C. Andreoli, G. Binnig, J. Brugger, U. Drechsler, W. Haeblerle, H. Rohrer, H. Rothuizen, P. Vettiger, G. Yaralioglu and C. F. Quate: Sens. & Actuat. A73 (1999) 89.

【非特許文献3】

Ultrahigh density, high-data-rate NEMS-based AFM data storage system, P. Vettiger, J. Brugger, M. Despont, U. Drechsler, U. Duerig, W. Haeblerle, M. Lutwyche, H. Rothuizen, R. Stutz, R. Widmer and G. Binnig: Micro. Eng. 46 (1999) 11.

【非特許文献4】

Integration of through-wafer interconnects with a two-dimensional cantilever array, E. M. Chow, H. T. Soh, H. C. Lee, J. D. Adams, S. C. Minne, G. Yaralioglu, A. Atalar, C. F. Quate and T. W. Kenny: Sens.

& Actuat. A83 (2000) 118.

【非特許文献5】

Fabrication and characterization of cantilevers with integrated sharp tips and piezoelectric elements for actuation and detection for parallel AFM applications, P. -F. Indermuhle, G. Schurmann, G. -A. Racine and N. F. de Rooij: Sens. & Actuat. A60 (1997) 186.

【非特許文献6】

VLSI-NEMS chip for parallel AFM data storage, M. Despont, J. Brugger, U. Drechsler, U. Duerig, W. Haeberle, M. Lutwyche, H. Rothuizen, R. Stutz, R. Widmer, G. Binnig, H. Rohrer and P. Vettiger: Sens. & Actuat. A80 (2000) 100.

【非特許文献7】

An artificial nose based on a micromechanical cantilever array, H. P. Lang, M. K. Baller, R. Berger, Ch. Gerber, J. K. Gimzewski, F. M. Battiston, P. Fornaro, J. P. Ramseyer, E. Meyer and H. -J. Guentherodt: Analytica Chimica Acta 393 (1999) 59.

【非特許文献8】

Sequential position readout from arrays of micromechanical cantilever sensors, H. P. Lang, R. Berger, C. Andreoli, J. Brugger, M. Despont, P. Vettiger, Ch. Ge

erber, J. K. Gimzewski, J. P. Ramseyer, E. Meyer and H. -J. Guentherodt: Appl. Phys. Lett. 72 (1998) 383.

【非特許文献9】

D. W. Satchell, J. C. Greenwood, "A thermally-excited silicon accelerometer," Sens. Act., 17 (1989) 241-245.

【非特許文献10】

M. B. Othman and A. Brunnschweiler, "Electrothermally excited silicon beam mechanical resonators," Elect. Lett., 2 (1987) 728-730.

【非特許文献11】

T. S. J. Lammerink, M. Elwenspoek, and J. H. J. Fluitman, "Frequency Dependence of thermal excitation of micromechanical resonators," Sens. Act. A, 25-27 (1991) 685-689.

【非特許文献12】

H. Yu, Y. Wang, C. Ding, Y. Wang, and Y. Xu, "The characteristics of point-heating excitation in silicon micro-mechanical resonators," Sens. Act., A77 (1999) 187-190.

【非特許文献13】

J. Funk, J. Buehler, J. G. Korvink, and H. Baltes, "Thermomechanical modeling of an actuated micromirror," Sens. Act. A, 46-47 (1995) 632-636.

## 【非特許文献14】

G. C. Ratcliff, D. A. Erie, and R. Superfine, "Photothermal modulation for oscillating mode atomic force microscopy in solution," Appl. Phys. Lett., 72 (1998) 1911-1913.

## 【非特許文献15】

N. Umeda, S. Ishizaki, and H. Uwai, "Scanning attractive force microscope using photothermal vibration," J. Vac. Sci. Technol., B 9 (1991) 1318-1322.

## 【非特許文献16】

M. Zalalutdinov, A. Zehnder, A. Olkhovets, S. Turner, L. Sekaric, B. Illic, D. Czaplewski, J. M. Parpia, and H. G. Craighead, "Autoparametric optical drive for micromechanical oscillators," Appl. Phys. Lett., 79 (2001) 695-697.

## 【非特許文献17】

Y. -C. Shen, A. Lomonosov, A. Frass, and P. Hess, "Excitation of higher harmonics in transient laser gratings by an ablative mechanism," Appl. Phys. Lett., 73 (1998) 1640-1642.

## 【非特許文献18】

H. Kawakatsu, S. Kawai, D. Saya, M. Nagashio, D. Kobayashi, H. Toshiyoshi, and H. Fujita, "Towards Atomic Force Microscopy up to 100 MHz," Review of Scientific

c Instruments 73 (2002) 2317.

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしなら、上記した従来のマルチカンチレバーの検出方法のままでは、カンチレバーの数が数百万や数億にまで増大した場合、マルチカンチレバーの振動周波数の計測は困難になってしまう。

【0010】

すなわち、従来のマルチカンチレバーで、自己振動、自己振動検出機能を有するものは、カンチレバーの数が増大すると、カンチレバーアレーの構造がより複雑化し、カンチレバー個々の性能が低下することや、カンチレバーアレーに様々な修飾を行うことが困難になるという問題を有する。また、カンチレバーの振動のQ値が低下することが予想される。

【0011】

そこで、本発明は、上記状況に鑑みて、光乃至電界励振と光計測を行うことにより、個々のカンチレバーに励振や検出用の素子を組み込む必要がなく、カンチレバーアレーの構造を簡単なものにとどめ、カンチレバーの高いQ値や、高周波作動、修飾方法の多様性を得ることができるマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法及び装置を提供することを目的とする。

【0012】

また、多数のカンチレバーの励振数の計測を可能にすることにより、複数のカンチレバーで同一の物質の検出を行うことが可能となり、より多くの物質の検出が可能になる。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振し、その振動をレーザドップラー計によって計測することを特徴とする。

【0014】

〔2〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振し、その振動をホモダイン干渉計によって計測することを特徴とする。

【0015】

〔3〕上記〔1〕又は〔2〕記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、前記変調励振は変調光励振であることを特徴とする。

【0016】

〔4〕上記〔1〕又は〔2〕記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、前記変調励振は変調電界励振であることを特徴とする。

【0017】

〔5〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を一定光励振によって順次励振し、その振動をレーザドップラー計によって計測することを特徴とする。

【0018】

〔6〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測方法において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーの固有振動を一定光励振によって順次励振し、その振動をホモダイン干渉計によって計測することを特徴とする。

【0019】

〔7〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、そのカンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振する手段と、その振動を計測するレーザドップラー計とを具備することを特徴とする。

【0020】

〔8〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、そのカンチレバーの固有振動を変調励振によって順次励振する手段と、その振動を計測するホモダイン干渉計とを具備することを特徴とする。

【0021】

〔9〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、固有振動数がそ

それぞれ異なる複数のカンチレバーと、そのカンチレバーの固有振動を一定光励振によって同時に励振する手段と、その振動を計測するレーザドップラー計とを具備することを特徴とする。

#### 【0022】

〔10〕マルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、固有振動数がそれぞれ異なる複数のカンチレバーと、そのカンチレバーの固有振動を一定光励振によって同時に励振する手段と、その振動を計測するホモダイン干渉計とを具備することを特徴とする。

#### 【0023】

〔11〕上記〔7〕、〔8〕、〔9〕又は〔10〕記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、前記カンチレバーは列状に配置されたアレーであることを特徴とする。

#### 【0024】

〔12〕上記〔7〕、〔8〕、〔9〕又は〔10〕記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置において、前記カンチレバーは共通の励振スポットによって照射可能な放射状に配置された集合体であることを特徴とする。

#### 【0025】

〔13〕走査型プローブ顕微鏡において、上記〔7〕、〔8〕、〔9〕又は〔10〕記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置を用いて、前記カンチレバーの固有振動数の自励を実現し、それによりカンチレバー先端の探針と試料の相互作用を、自励振動周波数の変化や、自励振動振幅、位相の変化として検出することを特徴とする。

#### 【0026】

〔14〕質量・物質検出器において、上記〔7〕、〔8〕、〔9〕又は〔10〕記載のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置を用いて、前記カンチレバーの固有振動数の自励を実現し、それによりカンチレバー先端の探針に付着した質量の変化を、自励振動周波数の変化や、自励振動振幅、位相の変化として検出することを特徴とする。

#### 【0027】

**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

**【0028】**

図1は本発明の第1実施例を示す変調光による励振を行う場合のマルチカンチレバーとレーザスポットの模式図（その1）、図2はそのマルチカンチレバーとレーザスポットの模式図（その2）、図3はそのマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置の模式図である。

**【0029】**

図1～図2において、1は基板、2～Nはカンチレバー、11はカンチレバーアレー（ここでは一列）、21はレーザスポット、22は図1におけるレーザスポット走査方向、23は図2におけるレーザスポット走査方向である。

**【0030】**

このように、レーザスポット走査は、図1においては、下方から上方へと行われ、図2においては、水平方向に行い、このレーザスポット21は光励振と光検出機能を有する。

**【0031】**

図3において、30はレーザドップラー計の計測光、31はレーザドップラー計、32はレーザドップラー計31からの出力が接続されるネットワークアナライザ、33はネットワークアナライザ32に接続される変調光光源、34はその変調光光源から照射される変調光（励振光）である。

**【0032】**

ここで、導光手段（図示なし）を用いて計測光30と励振光34を、カンチレバー2上に走査し、レーザスポットが照射されているカンチレバー2の固有振動数をカバーする帯域でネットワークアナライザ32の振動発生用励振信号の周波数を掃引する。レーザスポットの走査と周波数掃引を同期させることにより、レーザスポットをカンチレバー2～Nの列の一端から一端まで走査すると、その列内のカンチレバー2の固有振動数や振幅が計測される。周波数分解能と掃引に要する時間は相反する関係にある。変化がみられたカンチレバー群に観察を限定し、その周辺でより細かい観測を行うと使い勝手の良い装置となる。

## 【0033】

変調光励振は、レーザスポット走査と、励振光変調周波数をカンチレバーの位置と周波数に合わせる必要がある。その一方、基板とカンチレバーの間のキャビティを必要としない。

## 【0034】

例えば、 $1000 \times 1000$ 個のカンチレバーからなるカンチレバーアレーを例に挙げて説明する。

## 【0035】

カンチレバーの1列の固有振動数を  $f_1, f_2, \dots, f_{1000}$  とする。個々の固有振動数は  $f_1 < f_2 < f_3 < \dots < f_{1000}$  を満たすものとする。

## 【0036】

そこで、レーザドップラー計31の計測光30を、カンチレバー2～Nの列のうち、N個のカンチレバーに同時に照射する。振動励振のための変調光34をカンチレバーアレー11に照射すると、変調光34の周波数と、カンチレバーの固有振動数が一致したものの振動が励起される。ネットワークアナライザ32の出力信号を用いて光励振信号を駆動し、レーザドップラー計31の出力を前記ネットワークアナライザ32に接続することにより、複数のカンチレバー2～Nの固有振動数が、複数のピークとしてネットワークアナライザ32により計測可能となる。

## 【0037】

Nの値については、Nを増やすと光軸を走査せずに、ネットワークアナライザ32により計測可能なカンチレバーの数が増大する一方、レーザドップラー計31のSN比が低下する。そのため、カンチレバーの有効計測面積を増大させるとともに、SN比の観点から許される最大のNの値を用いる。Nが列に含まれるカンチレバーの数を下回る場合は、レーザ光の走査により、観察範囲を拡大する。列ごとには、第1列と同一の周波数の繰り返し、 $f_1, f_2, \dots, f_{1000}$  を用いることが可能である。

## 【0038】

極端な例として、 $N=1$  とする場合は、光励振と検出を、ある時刻においては

、一本のカンチレバーに対してのみ行う。その際、ネットワークアナライザ 3 2 の振動発生励振信号の周波数を、該当するカンチレバーの固有振動数をカバーするに足る帯域に設定する。カンチレバーアレー 1 1 に対する光スポットの走査と、ネットワークアナライザ 3 2 の振動発生用励振信号の周波数を同期させ、レーザスポットがある時刻に観察しているカンチレバーの固有振動数をネットワークアナライザ 3 2 の観測周波数帯域内に存在させることが可能である。

#### 【0 0 3 9】

これにより、例えば 1 0 0 0 本のカンチレバーの列上をレーザスポットで走査し、走査と同期してネットワークアナライザ 3 2 の振動発生用励振信号の周波数を掃引すると、各カンチレバーの周波数特性を計測することが可能となる。

#### 【0 0 4 0】

特定のカンチレバー、例えば、通常  $f_0$  ヘルツの固有振動数を有するカンチレバーの周波数や振幅が変化した場合、そのカンチレバーが力、場、物質を検出したことが観測者に分かる。

#### 【0 0 4 1】

$1 < N < 10$  程度とすることで、光学検出の S N 比と、周波数掃引とカンチレバー上のレーザスポット走査の同期に対するトレランスを両立させることが可能となる。

#### 【0 0 4 2】

以上では、カンチレバーの列ごとの計測を例として挙げたが、カンチレバーアレー 1 1 の面全体にレーザドップラー計 3 1 の計測光 3 0 を照射し、一括で計測することも可能になる。

#### 【0 0 4 3】

また、上記したレーザドップラー計による振動の計測に代えて、ホモダイン干渉計によって計測するようにしてもよい。

#### 【0 0 4 4】

なお、上記した光励振に代えて、電界励振を用いるようにしてもよい。その場合、各カンチレバーと基板や試料の間の静電容量を用いる。この場合、レーザドップラー計の計測光 3 0 が照射されているカンチレバーの固有振動数を含むよう

に電界励振の周波数を掃引する。

【0045】

以上の説明のように、カンチレバーの固有振動数に変化を持たせることにより、計測対象とするカンチレバーを適宜選択可能とし、かつ、カンチレバーアレー全体のカンチレバーを順次計測対象とすることが可能となる。

【0046】

一定光励振は、基板とのキャビティ長をある波長で励振される寸法にあらかじめ作製する必要があるが、変調を行う必要がないため、観測中のカンチレバーに合わせて励振周波数を制御する必要がない。

【0047】

このように、それぞれの利点を有する。

【0048】

次に、一定光による励振を行う場合について説明する。

【0049】

図4は本発明の第2実施例を示す一定光による励振を行う場合のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置の模式図である。

【0050】

この図において、41は一定光光源、42是集光レンズ、43は一定光（励振光）、51は光を透過する基板、52はカンチレバー、53は基板51とカンチレバー52間の空隙（キャビティ長） $d$ である。

【0051】

例えば、 $1000 \times 1000$ 個のカンチレバーからなるカンチレバーアレーを例に挙げて説明する。

【0052】

ここで、カンチレバー52は光を透過する基板51との間に空隙 $d$ を持ち、その空隙 $d$ は励振光の波長の $1/2$ の整数倍とする。これにより、一定光43を照射すると、照射されたカンチレバー52が自励を開始する。

【0053】

カンチレバーの1列の固有振動数を $f_1, f_2, \dots, f_{1000}$ とする。

## 【0054】

そこで、レーザドップラー計 31 の計測光 30 を、カンチレバーの列のうち、 $N$  個のカンチレバーに同時に照射する。振動励振のための一定光 43 をカンチレバーアレーに照射すると、カンチレバー 52 の自励が励起される。複数のカンチレバー 52 の固有振動数が、レーザドップラー計 31 により計測可能となる。 $N$  の値については、 $N$  を増やすと光軸を走査せずに、計測可能なカンチレバー 52 の数が増大する一方、レーザドップラー計 31 の  $SN$  比が低下する。そのため、カンチレバー 52 の有効計測面積を増大させるとともに、 $SN$  比の観点から許される最大の  $N$  の値を用いる。 $N$  が列に含まれるカンチレバー 52 の数を下回る場合は、レーザ光の走査により、観察範囲を拡大する。列ごとには、第 1 列と同一の周波数の繰り返し、 $f_1, f_2, \dots, f_{1000}$  を用いることが可能である。

## 【0055】

極端な例として、 $N=1$  とする場合は、光励振と検出をある時刻においては、一本のカンチレバーに対してのみ行う。その際、掃引周波数を、該当するカンチレバーの固有振動数をカバーするに足る帯域に設定する。カンチレバーアレーに対する光スポットの走査と、レーザドップラー計 31 の帯域を同期させ、レーザスポットがある時刻に観察しているカンチレバーの固有振動数をレーザドップラー計 31 の観測周波数帯域内に存在させることが可能である。これにより、例えば、1000 本のカンチレバーの列上をレーザスポットで走査し、各カンチレバーの周波数特性を計測することが可能となる。

## 【0056】

特定のカンチレバー、例えば  $f_0$  ヘルツの固有振動数を有するカンチレバーの周波数や振幅が変化した場合、そのカンチレバーが力、場、物質を検出したことが観測者に分かる。

## 【0057】

以上では、カンチレバーの列ごとの計測を例として挙げたが、カンチレバーアレーの面全体にレーザドップラー計 31 の計測光 30 を照射し、一括で計測することも可能となる。

## 【0058】

また、上記したレーザドップラー計による振動の計測に代えて、ホモダイン干渉計によって計測するようにしてもよい。

#### 【0059】

以上の説明のように、カンチレバーの固有振動数に変化を持たせることにより、計測対象とするカンチレバーを適宜選択可能とし、かつ、カンチレバーアレー全体のカンチレバーを順次計測対象とすることが可能となる。

#### 【0060】

特定のカンチレバーが変化を生じた場合、そのカンチレバーに着目し、そのカンチレバーの固有振動数近傍を高い周波数分解能で計測することにより、より微小な変化を観測することが可能となる。

#### 【0061】

一定光励振は、基板とカンチレバーとの間のキャビティ長  $d$  をある波長で励振される寸法にあらかじめ作製する必要があるが、変調を行う必要がないため、観測中のカンチレバーに合わせて励振周波数を制御する必要がない。

#### 【0062】

そして、カンチレバーアレーのファブリケーションの容易さでは、第1実施例が有利であり、励振、走査、掃引の容易さでは、第2実施例が有利となる。

#### 【0063】

また、上記実施例では、カンチレバーを列状に配置したカンチレバーアレーについて説明したが、以下に説明するように直線状に配置されたカンチレバーでなくともよい。

#### 【0064】

図5は本発明の第3実施例を示すカンチレバーの配置構造を示す図である。

#### 【0065】

この図においては、島状の基部61から固有振動数がそれぞれ異なる（ここでは、長さが異なる）カンチレバー62～Nが共通のレーザー（励振）スポット71によって照射可能な放射状に配置された集合体となっている。また、不規則に放射状に群生していてもよい。

#### 【0066】

このような場合には、点線で示されるレーザスポット 71 をあてることにより、その振動をレーザドップラー計（図示なし）によって計測することができる。

#### 【0067】

図 6 は本発明の第 4 実施例を示すカンチレバーの配置構造を示す図である。

#### 【0068】

この図においては、渦巻き状の基部 81 から固有振動数がそれぞれ異なる（ここでは、長さが異なる）カンチレバー 82 ~ N が共通のレーザスポット 91 によって照射可能な放射状に配置された集合体となっている。また、不規則に放射状に群生していてもよい。

#### 【0069】

このような場合には、点線で示されるレーザスポット 91 をあてることにより、そのカンチレバーの振動をレーザドップラー計（図示なし）によって計測することができる。

#### 【0070】

また、図 5、図 6 の構造においても、変調電界励振と光検出を組み合わせることが可能である。

#### 【0071】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

#### 【0072】

#### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

#### 【0073】

(A) 多数のカンチレバーの周波数特性計測を、レーザスポットの走査と、ネットワークアナライザ等により周波数掃引を同期させることによって可能とする。もしくは、レーザスポットの走査による時系列の振動特性読み取りと、一定光による自励発生を用いて可能とする。1 列の走査ごとにカンチレバーの列の周波数特性が同時に計測されるため、複雑な光学パターン認識等を行う必要がなく、

光の走査がカンチレバーの行と列方向で完了すると、すべてのカンチレバーの周波数や振幅の計測が終了する。

【0074】

(B) 数100万やそれ以上のカンチレバー数にも適用することができる。

【0075】

(C) 幅が10nmオーダーのカンチレバーの光励振、光検出が可能であるため、より高周波での振動励振と検出、より高感度の検出、より高密度でのカンチレバーの集積が可能である。

【0076】

(D) 光励振と光検出をともに光で行うことによる装置の機械部分の単純化、小型化とそれに伴う信頼性の向上と装置の高清浄化が得られる。

【0077】

(E) 光励振と光検出をともに光で行うことにより、カンチレバーアレーの構造を単純にとどめ、高い振動Q値、様々な修飾材料の選択、高集積度が得られる。

【0078】

(F) 光励振と光検出をともに光で行うことにより、超高真空、極低温等の特殊環境において、装置の単純化、小型化と高清浄化を向上させることが可能である。

【0079】

(G) すべてのカンチレバーに対し、一括で電界を変調する変調電界励振と光検出を行うことにより、超高真空、極低温等の特殊環境において、装置の単純化、小型化と高清浄化を向上させることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施例を示す変調光による励振を行う場合のマルチカンチレバーとレーザスポットの模式図（その1）である。

【図2】

本発明の第1実施例を示す変調光による励振を行う場合のマルチカンチレバー

の振動周波数の計測装置の模式図（その 2）である。

【図 3】

本発明の第 1 実施例を示す変調光による励振を行う場合のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置の模式図である。

【図 4】

本発明の第 2 実施例を示す一定光による励振を行う場合のマルチカンチレバーの振動周波数の計測装置の模式図である。

【図 5】

本発明の第 3 実施例を示すカンチレバーの配置構造を示す図である。

【図 6】

本発明の第 4 実施例を示すカンチレバーの配置構造を示す図である。

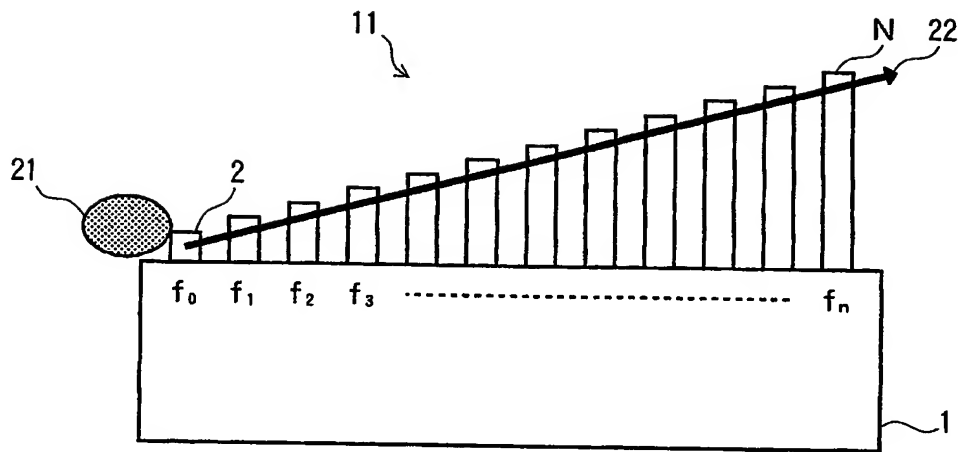
【符号の説明】

- 1     基板
- 2 ～ N, 5 2, 6 2 ～ N, 8 2 ～ N    カンチレバー
- 1 1     カンチレバーアレー
- 2 1, 7 1, 9 1     レーザスポット
- 2 2, 2 3     レーザスポット走査方向
- 3 0     レーザドップラー計の計測光
- 3 1     レーザドップラー計
- 3 2     ネットワークアナライザ
- 3 3     変調光光源
- 3 4     変調光（励振光）
- 4 1     一定光光源
- 4 2     集光レンズ
- 4 3     一定光（励振光）
- 5 1     光を透過する基板
- 5 3     基板とカンチレバー間の空隙（キャビティ長） d
- 6 1     島状の基部
- 8 1     渦巻き状の基部

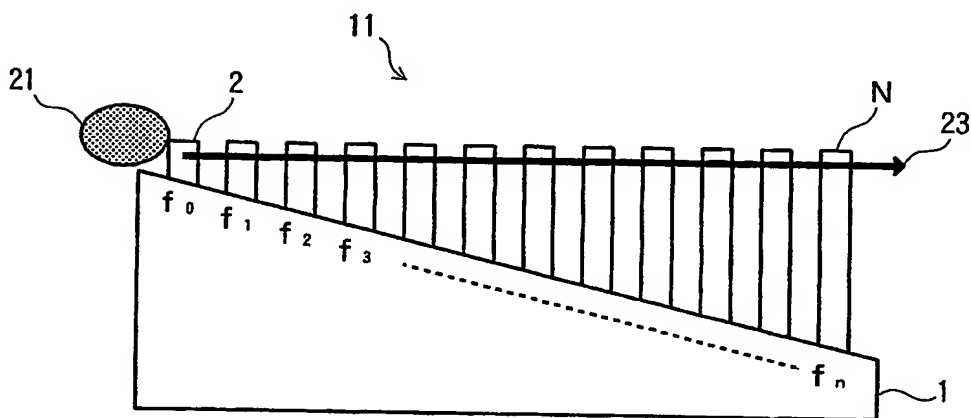
【書類名】

図面

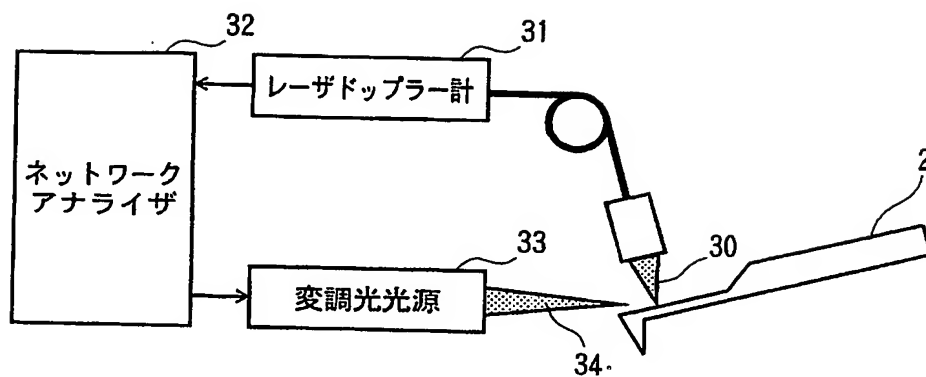
【図 1】



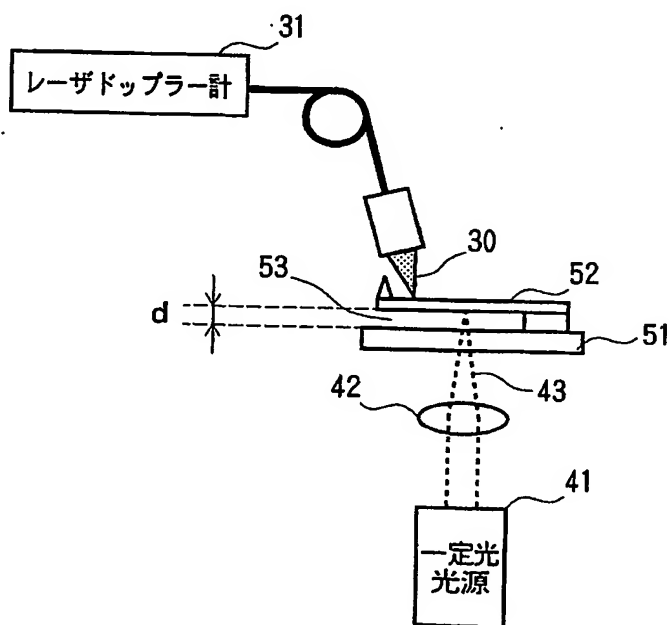
【図 2】



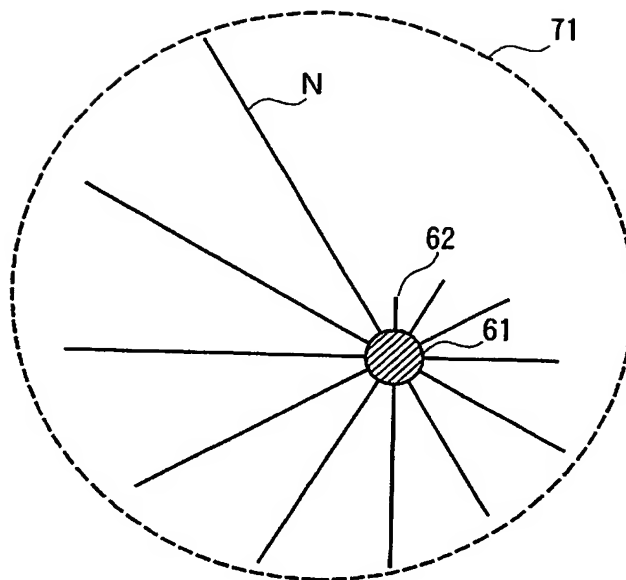
【図 3】



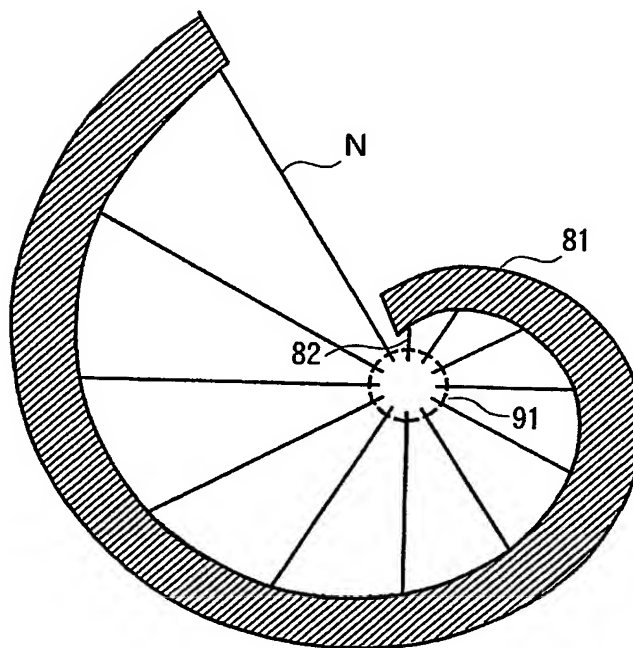
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光励振と光計測を行うことにより、個々のカンチレバーに励振や検出用の素子を組み込む必要がなく、カンチレバーアレーの構造を簡単なものにとどめ、カンチレバーの高いQ値や、高周波作動、修飾方法の多様性を得ることができるマルチカンチレバーの振動周波数の計測方法及び装置を提供する。

【解決手段】 カンチレバー 2 ～ n の固有振動数がそれぞれ異なるカンチレバーアレー 11 を用い、その固有振動を変調光励振によって順次励振し、その振動をレーザドップラー計によって計測する。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届 (一般承継)  
【提出日】 平成15年10月31日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2002-378996  
【承継人】  
【識別番号】 503360115  
【住所又は居所】 埼玉県川口市本町四丁目1番8号  
【氏名又は名称】 独立行政法人科学技術振興機構  
【代表者】 沖村 憲樹  
【連絡先】 〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 独立行政法人科学技術振興機構 知的財産戦略室 佐々木吉正 TEL 03-5214-8486 FAX 03-5214-8417

【提出物件の目録】  
【物件名】 権利の承継を証明する書面 1  
【援用の表示】 平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。  
【物件名】 登記簿謄本 1  
【援用の表示】 平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。

特願 2 0 0 2 - 3 7 8 9 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 9 6 0 2 0 8 0 0 ]

1. 変更年月日	1 9 9 8 年 2 月 2 4 日
[変更理由]	名称変更
住 所	埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号
氏 名	科学技術振興事業団

特願 2 0 0 2 - 3 7 8 9 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 3 3 6 0 1 1 5 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 1 0 月 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号

氏 名

独立行政法人 科学技術振興機構